

1. SISTEMAS DE LABRANZA DE CONSERVACIÓN EN LA ALTILLANURA COLOMBIANA

Samuel Caicedo Guerrero¹, Gloria Navas R.², Carmen Rosa Salamanca S.³, Ricardo Botero Q.⁴

DEFINICIONES DE LABRANZAS MÁS COMUNES EN COLOMBIA

El laboreo del suelo permite que las raíces de la planta puedan explorar el mayor volumen posible de suelo y que los nutrientes estén disponibles para ellas. Si no existen buenas características físicas, los nutrientes del suelo difícilmente estarán disponibles para ser captados por la planta. Por eso, si la física del suelo falla, también lo hará la química y la biología del suelo. Al seleccionar el sistema adecuado de labranza para los suelos de la Orinoquia debe tenerse en cuenta que estos suelos son físicamente frágiles e inestables, de baja fertilidad y muy ricos en Aluminio.

- **Clase o tipo labranza**

La labranza es una serie secuencial de actividades, que deben, a través del tiempo, conducir a obtener un suelo ideal para el desarrollo de las raíces de las plantas, que permita que ellas expresen su potencial genético sin restricciones. Se hace con el fin de corregir algún factor limitante que posea el suelo y controlar cualquier proceso degradativo.

- **Labranza primaria:** es aquella labranza inicial que se hace en la preparación del suelo, con arado de discos o de vertedera, con cinceles, con subsolador o con rastras pesadas, para descompactar capas endurecidas o adensadas e incorporar materia orgánica, con el fin de facilitar el desarrollo de las raíces de los cultivos. Es más agresiva y profunda que la secundaria y produce mayor rugosidad en el terreno a una profundidad mayor de 15 cm.
- **Labranza secundaria:** es aquella labranza posterior a la primaria que remueve el suelo superficialmente (a poca profundidad), proporciona mayor fraccionamiento de terrones superficiales y tiende a nivelar el terreno. Se hace con rastra de discos y rastrillos. Su profundidad de acción varía entre 0 y 15 cm.
- **Labranza convencional:** se refiere a una combinación de labranza primaria, hecha con uno o dos pases de arado de discos y de labranza secundaria, hecha con dos o tres pases de rastra, más un pase de pulidor. Su finalidad es aflojar y remover el suelo, volteando el prisma del suelo cortando con arado, rastra u otro implemento. Realiza un trabajo intensivo sobre el suelo hasta degradarlo ocasionando compactación y pérdida de éste, de hasta 10 toneladas por hectárea en el año.

¹ I.A. M.Sc. Mejoramiento con énfasis en producción de cultivos. Investigador. Programa recursos biofísicos, CORPOICA Centro de Investigación La Libertad. Villavicencio, Meta, Colombia.

² I.A. M.Sc. Suelos. Investigadora programa recursos biofísicos. CORPOICA Centro de Investigación La Libertad. Villavicencio, Meta, Colombia.

³ I.A. M.Sc. Suelos. Investigadora programa recursos biofísicos. CORPOICA Centro de Investigación La Libertad. Villavicencio, Meta, Colombia.

⁴ I. Agrícola. Investigador. Programa recursos biofísicos, CORPOICA. Centro de Investigación La Libertad. Villavicencio, Meta, Colombia.

- **Labranza vertical:** aquella que se hace con cinceles y subsolador para “aflojar” capas compactadas y/o endurecidas, con el fin de proporcionar mayor infiltración y crecimiento de raíces. El suelo entra en contacto con el implemento solo en las líneas donde van acopladas las estructuras verticales (puntas) y produce ruptura sin invertir el perfil del suelo.

LABRANZA DE CONSERVACIÓN

Hace referencia a la labranza reducida y siembra directa o labranza cero, tecnologías que han sido investigadas en el mundo desde la década del 50 y su implementación se ha dado a partir de la década del 70. Actualmente, se está utilizando en países como: Estados Unidos, Argentina, Chile y Brasil. Este último, con más de 25 años de experiencia, cuenta con 4 millones de hectáreas dedicadas a la producción de cultivos bajo este sistema. Venezuela tiene aproximadamente 7 mil hectáreas. Aunque es una tecnología conocida en el mundo, es poco utilizada en la producción de cultivos en la Orinoquia colombiana.

El desarrollo de tecnologías en labranza de conservación pretende transformar el modelo de agricultura convencional en sistemas sostenibles, que utilicen la capacidad de producción del suelo a través del uso racional de insumos, que permitan recuperar las funciones de este como regulador de los procesos, para mejorar y/o mantener su productividad.

En sentido amplio, se considera cualquier sistema de labranza en el cual por lo menos un 30% de la superficie del suelo quede cubierta por residuos de plantas después de la siembra, con el fin de controlar erosión (CTIC, 1993). En este sistema se conserva la rugosidad de la superficie del suelo (Mannering y Fenster, 1983; Allmaras et al., 1985).

Con la incorporación de la tecnología de labranza de conservación, a corto plazo se disminuye el sobrelaboreo, en consecuencia se reducen los costos de producción. A largo plazo, se reduce la erosión, permitiendo así la conservación de las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, haciendo más competitiva y sostenible la producción de cultivos anuales en el Piedemonte llanero.

Los sistemas de agricultura de conservación descansan sobre tres pilares fundamentales: primero, rotación de cultivos y uso de coberturas y rastrojos; segundo, manejo integrado de plagas y malezas; tercero, operación de maquinaria especializada como sembradoras apropiadas para labranza reducida, y siembra directa como también cosechadoras a granel; y el uso de equipos e implementos como cinceles rígidos y vibratorios, encaladoras y fumigadoras o aspersoras para aplicación de desecantes.

La labranza de conservación implica un cambio de actitud, es una metodología sencilla donde se deben precisar los procedimientos en cada uno de los fundamentos que intervienen para evitar fracasos. Es decir, en esta tecnología un gran porcentaje corresponde al ejercicio mental y muy poco al esfuerzo físico.

- **Labranza mínima**

Es la mínima manipulación que se hace al suelo para la siembra de la semilla de un cultivo, se recomienda cuando existe poca limitación físico-química y biológica en éste. Sistema en el cual las operaciones de labranza primaria son modificadas conjuntamente con procedimientos

especiales de siembra, de tal manera que se reduzcan o eliminen las operaciones de labranza secundaria.

Es correctiva e involucra el uso de implementos de labranza que incorporan parte de los residuos del cultivo anterior, dejando al menos el 30% de los residuos de cosecha sobre la superficie del suelo, inmediatamente después de la siembra.

- **Labranza reducida**

Es una labranza que permite corregir los limitantes químicos y físicos del suelo, previamente detectados. Consiste en la reducción del número de labores o pases de implementos en la preparación del suelo; un mínimo laboreo, utilizando preferiblemente los cinceles. Se consideran de una a tres labores las adecuadas, para preparación del suelo en este sistema, incluida la desbrozada o guadañada de la cobertura dejada por el cultivo anterior (arroz o maíz).

Esta labranza se realiza preferiblemente con implementos como el cincel vibratorio o rígido, o combinaciones de implementos de disco o cincel.

La labranza con cinceles rígidos o vibratorios, rompe mejor el suelo a profundidades adecuadas, evitando invertir las capas del suelo como ocurre con los implementos de disco. Se recomienda utilizar el cincel vibratorio cuando la compactación del suelo es superficial, es decir de 0 a 20 cm o el cincel rígido o fijo cuando la compactación es más profunda, mayor de 25 cm. Estas labores se realizan en suelos en condiciones de humedad a capacidad de campo.

- **Labranza cero o siembra directa**

Se considera un sistema de producción en el cual interviene la rotación de cultivos, las coberturas y abonos verdes y la no labranza del suelo. Deja sobre la superficie del suelo entre 90 y 100% de los residuos de la cosecha anterior.

Tecnología que permite realizar la siembra del cultivo sin ninguna labor de preparación del suelo. Para el uso de ésta tecnología se requiere de suelos con buenas condiciones físicas, químicas y biológicas. Requiere de una sembradora especializada, donde un cincel afloja y fragmenta el suelo de la línea de siembra, coloca la semilla y el abono a la profundidad deseada y posteriormente tapa.

El procedimiento inicia con el manejo de la cobertura, que puede ser mediante el uso de la guadaña desbrozadora o roto-speed o la aplicación de herbicidas desecantes, dependiendo de la altura de la cobertura existente. Para la desecación de la cobertura con herbicidas se debe tener en cuenta la presencia del tipo de malezas (gramíneas, hoja ancha, ciperáceas, piñitas, etc.). Cuando predominan las gramíneas se recomienda la aplicación de Glifosato; y cuando existen tanto gramíneas como malezas de hoja ancha, se recomienda la combinación de productos para ampliar el espectro de control que puede ser Glifosato combinado con productos con base en 2,4, Diamina.

ALGUNAS CONSIDERACIONES PARA EL DESARROLLO DE LA LABRANZA DE CONSERVACIÓN

El uso de esta tecnología en los lotes con bajos problemas de malezas, compactación, degradación y acidez, debe hacerse gradualmente realizando labranza reducida si se requiere, de tal manera que el productor y el asistente técnico dominen la técnica en éste sistema para continuar, posteriormente, con el manejo de la labranza cero o siembra directa.

La labranza cero o siembra directa debe hacerse en forma gradual en la finca, preferiblemente debe comenzarse con la labranza reducida, con el uso de implementos de labranza vertical (cincales vibratorios o rígidos). En suelos con problemas de degradación y compactación es indispensable el uso de cincales y abonos verdes, hasta la recuperación total del suelo.

La siembra directa permite sembrar cualquiera de los cultivos anuales. Los sistemas de rotación recomendados para la región del Piedemonte llanero, terrazas altas y en la Altillanura plana, son: arroz-soya, maíz-soya, arroz-algodón y maíz-algodón, al igual que la rotación con sorgo en el segundo semestre.

Este sistema de siembra directa requiere de cuidadosa observación, el desconocimiento o descuido de cualquier factor conduce inexorablemente al fracaso. La siembra directa exige más esfuerzo mental que físico, es decir, se trabaja 70% menos en el campo, pero se requiere mayor atención y profesionalización del productor y del asistente técnico. Este sistema es exigente en la regulación y calibración de los implementos y equipos agrícolas.

- **Diagnóstico y caracterización del suelo**

Previamente se deben conocer los componentes físicos, químicos y biológicos del suelo. Determinar susceptibilidad a erosión, compactación y pérdida de agua, actividad biológica y cobertura vegetal, entre otras. En suelos con capas duras o compactadas, el sistema no funciona, por lo tanto, se recomienda iniciar con una labranza reducida, mediante el uso de cincales. La siembra directa requiere suelos sin limitantes físicos, químicos ni biológicos.

Siempre debe hacerse el diagnóstico de los limitantes físicos de los suelos en el campo que se va a sembrar. El técnico o el agricultor nunca deben decidir sobre un sistema de labranza desde la oficina porque fracasará.

Para el diagnóstico de campo, se recomienda hacer cajuelas (40 x 40 x 40 cm) en varios sitios del lote. La selección de sitios para la elaboración de cajuelas puede hacerse al azar, en forma diagonal, cruzada o en zig-zag a través del lote. Se recomienda hacer un mínimo de 10-15 cajuelas en un lote o más, si el muestreador no está satisfecho con la representatividad de los sitios que ha escogido para evaluar la problemática del terreno. Elaboradas las cajuelas, se procede a la observación y toma de nota de las propiedades físicas que se presentan en cada una de ellas. Interesa conocer la profundidad radicular efectiva de las especies vegetales presentes, los cambios de color, textura y estructura, la presencia de capas endurecidas, el espesor de éstas, la continuidad del espacio poroso, los cambios en contenido de humedad del suelo, etc.

La evaluación de dureza o penetrabilidad de las capas se puede hacer con navaja, cuchillo o penetrómetro, para verificar a qué profundidad se producen los cambios de resistencia mecánica en el suelo. En las calicatas y a las profundidades escogidas se hacen también los muestreos para los análisis físicos (densidad, porosidad, curvas de retención de agua) y químicos (elementos mayores y menores) de laboratorio.

La evaluación de las cajuelas debe ser muy objetiva. En muchos casos, dentro de un horizonte "A", se presentan capas con diferentes condiciones físicas, lo cual quiere decir, que el solo color del suelo superficial, aunque es un indicativo de uniformidad, no lo es de uniformidad física. CRISAT (1997) ha desarrollado metodologías que ayudan a las evaluaciones y Lal (1994) discute sobre las propiedades cambiantes por el uso y la labranza de suelos tropicales.

Hecha la evaluación en el campo, se procede a comparar la forma como se manifiestan las diferentes condiciones físicas en las calicatas. Si el comportamiento del suelo es uniforme a través del lote, se elegirá el sistema de labranza que solucione la o las limitantes que actualmente posea. Si se presentan diferencias en los limitantes observados, éstos se mapean y se manifiesta que el lote no es uniforme y se decide sobre el tipo de labranza que debe hacerse en cada sub-lote.

- **Condiciones del suelo para la labranza de conservación**

Condiciones físicas

- La resistencia mecánica del suelo se refiere a la resistencia ofrecida por la matriz del suelo a deformarse por una raíz en crecimiento, permitiendo su normal desarrollo, sólo cuando la presión ejercida por ésta excede la resistencia mecánica del suelo.
- La resistencia mecánica del suelo al crecimiento de la raíz, es a menudo cuantificado con el uso de un penetrómetro de cono. Este instrumento mide la presión requerida por una sonda de acero para penetrar al interior del suelo.
- La reducción en el crecimiento radical, ocasionada por una alta resistencia mecánica, puede reducir el rendimiento de los cultivos solo si ésta limita el adecuado suministro de agua y nutrientes hacia las partes aéreas. En general, se considera que valores superiores a 1 MPa no permiten una buena distribución de raíces en el suelo.
- La densidad aparente es una propiedad física importante, que afecta el normal desarrollo de las actividades agrícolas.
- Valores bajos de densidad aparente ($1-1.3 \text{ g/cm}^3$) suministran una condición física favorable del suelo para el crecimiento de la planta. Bajo estas condiciones el suelo presenta una buena estructura y mucho espacio poroso para un balance óptimo de los contenidos de aire y agua. En condiciones naturales, es común encontrar valores bajos de densidad aparente en las capas superficiales del suelo, las cuales presentan además, mayores contenidos de materia orgánica (M.O.).
- Valores altos de densidad aparente ($>1.5 \text{ g/cm}^3$) indican una pobre condición física del suelo para un normal crecimiento de la raíz. Los suelos bajo estas condiciones se encuentran compactados y presentan relativamente pocos espacios porosos.
- El espacio poroso es una porción del volumen del suelo ocupado por el aire y el agua. El arreglo de las partículas sólidas del suelo determinan la cantidad del espacio poroso o la porosidad total.

- Los suelos de textura arenosa presentan una porosidad total, que oscila entre 35 a 50%; mientras que suelos con textura más fina exhiben un espacio poroso entre 40 a 60%. Los suelos compactados pueden presentar valores bajos de espacio poroso, normalmente entre el 25 al 30%.
- Una porosidad total entre 45-55% se considera buena e ideal, con un 10% de macroporos. La relación adecuada de los macroporos y los microporos determinan el adecuado movimiento de agua y aire en el suelo, y la capacidad de retención de humedad de éstos.

Condiciones químicas

El suelo es una mezcla compleja de compuestos orgánicos (materia orgánica) e inorgánicos (arenas, limos, arcillas) y sus propiedades físicas, químicas y biológicas dependen del intercambio e interacciones entre ambas fracciones. El suelo debe almacenar y suministrar agua y nutrientes y estar libre de concentraciones de elementos tóxicos. De ahí la importancia de la toma de muestras de suelo, de cada lote, para análisis químico, para conocer los nutrientes disponibles en el suelo para las plantas.

Cada cultivo exige la presencia de determinada cantidad de nutrientes y entre genotipos, los más productores de granos, exigen mayor cantidad de nutrientes.

En general, los cultivos de grano requieren de una saturación de bases en el suelo de 50% y el algodón una saturación de bases del 60%. Los cultivos de grano toleran una saturación de aluminio intercambiable en el suelo entre 40 y 70%, en tanto que el algodón tolera una saturación de aluminio de 10%.

Cuando sea necesario aplicar cal dolomita al suelo, se debe incorporar ésta con un pase de cincel rígido, por lo menos un mes, antes de sembrar el cultivo, para permitir que ésta reaccione.

Condiciones biológicas

La demanda de la sociedad por la producción de alimentos y el mantenimiento de la calidad ambiental trae para el siglo XXI un gran desafío: cuál es la integración de los factores biológicos en los sistemas de producción sostenibles que incluye, entre otros aspectos, la biotecnología, el reciclaje y los sistemas de labranza de conservación.

Los nutrientes requeridos por las plantas, asociados a las moléculas orgánicas, son liberados o mineralizados a la solución del suelo, y se tornan disponibles para las plantas mediante procesos que requieren la participación de agentes descomponedores presentes en el suelo como es la microbiota.

El componente biótico del suelo realiza actividades imprescindibles para el mantenimiento y sobrevivencia de las comunidades vegetales y animales, como: descomposición de la materia orgánica, producción de humus, ciclaje de nutrientes y energía, fijación de nitrógeno atmosférico, producción de compuestos complejos que causan la agregación del suelo, descomposición de xenobióticos y control de plagas y enfermedades (Moreira y Siqueira, 2002).

La asociación de las raíces de la mayoría de las plantas con micorrizas, hongos benéficos, que colonizan las raíces a través de sus micelios, consiguen explorar y captar agua y nutrientes de un volumen mayor de suelo para las plantas (Moreira y Siqueira, 2002; Fries y Aita, 1999).

La mayoría de los suelos sometidos a la agricultura intensiva, han reducido el nivel de materia orgánica por mecanismos de exposición de las fracciones al ataque microbiano, debido al tipo de labranza y a la pérdida de las capas superficiales, por la erosión que arrastran grandes cantidades de humus. La fracción húmica está asociada a las propiedades del suelo que indican la calidad de éste.

El nuevo reto está basado en no remover el suelo, realizar prácticas con énfasis en los procesos biológicos para aumentar y mantener su productividad para la producción de granos (siembra directa), mediante el incremento de las poblaciones de microorganismos del suelo a través del aumento de la descomposición de residuos, uso de abonos verdes, rotación de cultivos y uso de abonos orgánicos (Fries y Aita, 1999).

Los recursos que deben estar disponibles para que los microorganismos puedan vivir son, entre otros: el alimento (sustrato), humedad y refugio, buen drenaje, aireación, cobertura vegetal, compuestos orgánicos y pH del suelo (Canter, 1999).

Dentro de los sistemas de labranza de conservación, la biomasa vegetal viva o cobertura y los residuos vegetales de cosecha (raíces y exudados), tienen como función principal servir de sustrato para la biota del suelo, en el reciclaje de nutrientes, la protección contra la erosión, fuente de nutrientes para las plantas y en la producción agrícola (Canter, 1999).

IMPLEMENTOS Y EQUIPOS PARA LA LABRANZA DE CONSERVACIÓN

• Para la preparación del suelo

Los implementos de labranza vertical, como el cincel rígido y cincel vibratorio, son los más recomendados, ya que permiten la roturación del suelo sin invertir el perfil. Finalmente, cuando se requiere nivelar el terreno, se recomienda el uso del cincel nivelador o desterronador, que reemplaza el uso tradicional del rastrillo pulidor de discos, el cual pulveriza el suelo con el consecuente deterioro de la estructura del mismo.

• Para el manejo de coberturas o residuos de cosecha

- Para realizar la labranza de conservación se requiere manejar la cobertura sobre la superficie del suelo. Se pueden utilizar métodos mecánicos y químicos.
- Los residuos de cosecha deben quedar uniformemente distribuidos después de la recolección, para esto se utilizan combinadas con picador-esparciador de pajas.
- Las desbrozadoras y las guadañas se emplean en el caso de operar combinadas tradicionales sin picador-esparciador.
- La desecación de la cobertura es una labor de mucha importancia en los sistemas de labranza de conservación, puesto que la cobertura dejada sobre el terreno debe estar seca, labor que requiere el empleo de herbicidas desecantes y de fumigadoras terrestres.

- **Sembradora especializada**

La siembra de los cultivos con labranza de conservación se debe realizar con sembradoras apropiadas y versátiles, adaptadas y probadas a las condiciones de la región. Para la implementación de la labranza de conservación es fundamental que las sembradoras sean especializadas, ya que este tipo de máquinas posee una serie de aditamentos, que permite realizar siembras sobre labranzas mínimas y coberturas vegetales.

Las sembradoras de surco son especializadas para cultivos de surcos amplios, mayores de 40 cm como el maíz, soya y algodón, etc.

- La sembradora de chorrillo son especializadas para cultivos densos, es decir aquellos que siembran a distancias más estrechas (menores de 34 cm), como el arroz y la soya.

La sembradora para siembra directa consta de varias líneas de siembra y de las siguientes secciones, que permite hacer la ruptura del suelo y efectuar las calibraciones y graduaciones de la cantidad de semilla y abono para la siembra, a la profundidad deseada.

- Disco de corte o roturador, que rompe el suelo a la profundidad deseada.
- Sección de siembra, que mediante dos discos centrados o desfasados, abren el surco para colocar la semilla a la profundidad recomendada.
- Sección de abonada, consta de discos sencillos o dobles, que permiten colocar el abono en la cantidad, profundidad y distancia de la semilla deseada.
- Sección de tapada, que consta de una o dos ruedas apisonadoras, cuya función es cerrar el surco y hacer que la semilla quede en íntimo contacto con el suelo.